

ИНСТИТУТ ТОЧНОЙ МЕХАНИКИ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ
АКАДЕМИИ НАУК СССР

10

Ю. И. В и з у н

**АППАРАТУРА
ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СВОЙСТВ
МАГНИТНЫХ СЕРДЕЧНИКОВ**

МОСКВА - 1957

ИНСТИТУТ ТОЧНОЙ МЕХАНИКИ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ
АКАДЕМИИ НАУК СССР

Ю.И. Визун

АППАРАТУРА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СВОЙСТВ
МАГНИТНЫХ СЕРДЕЧНИКОВ

Москва - 1957

АППАРАТУРА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СВОЙСТВ
МАГНИТНЫХ СЕРДЕЧНИКОВ

Рассматриваются вопросы измерений различных параметров магнитных сердечников. Описывается применяемая для этой цели аппаратура, обеспечивающая снятие важнейших характеристик магнитных сердечников, предназначенных для работы в схемах быстродействующей вычислительной техники и автоматики.

TEST EQUIPMENT FOR DETERMINATION OF THE BASIC
CHARACTERISTICS OF MAGNETIC CORES

Measurement problems of magnetic cores are discussed. Test equipment for determination of the basic characteristics of magnetic cores for computers and automatic control applications is described.

ВВЕДЕНИЕ

Широкое применение магнитных сердечников в схемах устройств быстродействующей вычислительной техники потребовало организации измерений важнейших параметров таких сердечников. Ниже описывается методика измерений и аппаратура, применяемая в настоящее время в Лаборатории магнитных элементов Института точной механики и вычислительной техники АН СССР (ИТМ и ВТ).

Сердечники с прямоугольной петлей гистерезиса как ферритовые, так и металлические имеют особо важное значение для устройств вычислительной техники. Измерительная аппаратура разрабатывалась применительно к специфике подобных сердечников и схем, для которых они предназначены. Однако ряд методов измерений и приборов, созданных для этой цели, пригоден также для проверки некоторых свойств магнитных сердечников с непрямоугольной петлей гистерезиса.

Описанная ниже измерительная аппаратура разработана и создана в Лаборатории магнитных элементов ИТМ и ВТ АН СССР в 1955-1957 гг. при участии тт. О.В. Бачина и В.В. Кобелева.

1. СТАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Основная кривая намагничивания, предельная петля гистерезиса и всевозможные частные циклы, характеризующие поведение сердечника в статическом режиме, снимаются на постоянном токе с помощью баллистического гальванометра.

Сущность измерений состоит в следующем. Через первичную обмотку образца пропускают постоянный ток определенной величины. В момент изменения тока в обмотке образца меняется и потокосцепление, в результате чего на вторичной обмотке образца появляется э.д.с.:

$$e = - \frac{d\psi}{dt} \cdot 10^{-8} [\text{e}]. \quad (1)$$

Эта э.д.с. уравновешивается падением напряжения в цепи рамки гальванометра, включающей вторичную обмотку образца:

$$- \frac{d\psi}{dt} \cdot 10^{-8} = i \cdot r + L \frac{di}{dt}, \quad (2)$$

где i - мгновенное значение тока в цепи, r - общее активное сопротивление цепи, L - общая индуктивность цепи.

Если изменение потокосцепления $d\psi/dt$ произошло за время t , то, проинтегрировав уравнение (2) в пределах от 0 до t , получим:

$$-10^{-8} \int_0^t d\psi = r \int_0^t i dt + L \int_0^t di, \quad (3)$$

$$|\Delta\psi| \cdot 10^{-8} = rQ, \quad (4)$$

где $\Delta\psi$ - изменение потокосцепления, Q - количество протекшего по цепи электричества.

Поскольку угол поворота рамки баллистического гальванометра пропорционален α - отбросу светового зайчика гальванометра, то, зная баллистическую постоянную установки, геометрические размеры образца, число

витков первичной и вторичной обмоток и величину тока, можно определить приращение напряженности поля и соответствующее ему приращение индукции. Ввиду того, что перечисленные выше характеристики чаще всего строятся именно в координатах $B-H$, на практике при работе с баллистическим гальванометром пользуются следующими расчетными формулами:

$$\Delta H [\text{э}] = \kappa_H \cdot I [a], \quad (5)$$

причем

$$\kappa_H = \frac{0,4 w_1 [\text{витков}]}{d_{\text{ср}} [\text{см}]}, \quad (6)$$

где w_1 - число витков первичной обмотки, $d_{\text{ср}}$ - диаметр средней силовой линии, т.е. фактически средний диаметр магнитного сердечника;

$$\Delta B [\text{гс}] = \kappa_B \cdot a [\text{мм}], \quad (7)$$

причем

$$\kappa_B = \frac{C_{\text{бал}} [\text{гс/мм} \cdot \text{см}^2]}{w_2 S [\text{см}^2]}, \quad (8)$$

где $C_{\text{бал}}$ - баллистическая постоянная установки, w_2 - число витков вторичной обмотки, S - площадь поперечного сечения образца.

Принципиальная схема установки с баллистическим гальванометром приведена на рис.1. Схема состоит из источника постоянного тока U , под-

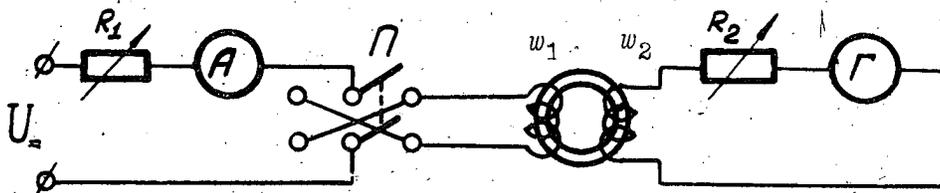


Рис. 1

ключаемого переключателем Π к первичной обмотке w_1 исследуемого образца, и гальванометра Γ , включенного во вторичную обмотку w_2 образца.

Сопротивление R_1 регулирует величину тока в первичной обмотке образца, а сопротивление R_2 меняет чувствительность гальванометра.

На практике удобнее снимать одну ветвь петли гистерезиса (прямую или обратную), для чего необходимо за начало отсчета взять точку, соответствующую максимальной индукции того или иного знака, а затем, постепенно убавляя ток, снять точки, характеризующие участок петли между началом отсчета и остаточной индукцией того же знака. Изменив полярность тока и постепенно увеличивая его значение, снимают участок петли между точками остаточной индукции одного знака и максимальной индукции другого знака. Начало отсчета при этом все время сохраняется неизменным. Перед каждым измерением необходимо проводить магнитную подготовку образца, заключающуюся в двух-трехкратном перемагничивании его максимальным током по всей петле гистерезиса.

В Лаборатории принята схема баллистической установки, позволяющая удобно снимать петлю гистерезиса в названной выше последовательности, а также снимать частные циклы и основную кривую намагничивания. Полная принципиальная схема установки приведена на рис. 2.

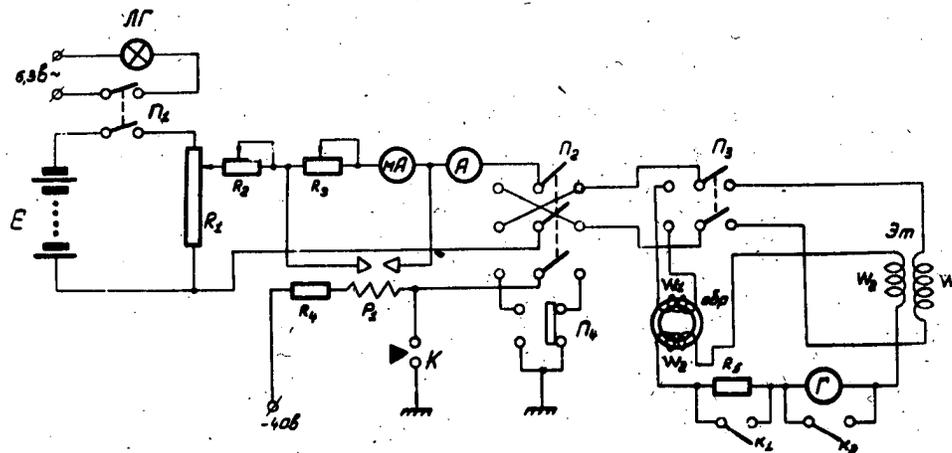


Рис. 2

Схема питается от батареи аккумуляторов E типа 5-НКН-100, подключаемой с помощью переключателя Π_1 к делителю R_1 . Одновременно включается лампочка осветителя гальвансметра ЛГ, питаемая либо от того же аккумулятора, либо от накаливающего трансформатора. В цепи первичной обмотки образца w_1 име-

ются 2 реостата R_2 и R_3 , приборы для измерения тока и перекидной ключ Π_2 , рассчитанный на коммутацию трех линий на два направления. Цепь, включающая реле P_1 , кнопку K и переключатель Π_4 , носит вспомогательный характер и служит для скачкообразного изменения величины тока в цепи обмотки w_1 путем закорачивания сопротивления R_3 .

Переключатель Π_3 служит для подключения к установке обмотки w_1 исследуемого образца или обмотки w_1 эталонной катушки взаимной индуктивности для градуировки установки.

Одним из источников погрешностей баллистической установки является изменение переходных сопротивлений контактов переключателей, особенно переключателя Π_2 . Поэтому конструкции этого переключателя должно быть уделено особое внимание. Так, может быть использован обычный электротехнический перекидной рубильник с ножевыми контактами из красной меди. Недостатком такого рубильника является необходимость применения больших усилий при переключении, а также непостоянство величины времени замыкания или размыкания. Оба эти недостатка могут быть устранены путем замены рубильника системой из трех магнитных пускателей, например типа МПК, как это и было сделано на одной из установок Лаборатории. Применение пускателей позволяет использовать очень удобное для оператора кнопочное управление, не требующее физических усилий, и обеспечивает постоянство величины времени коммутации. Однако, как показал опыт, для более тонких исследований применение пускателей нельзя рекомендовать из-за наличия "дребезга" контактов и неустойчивости переходного контактного сопротивления. Для подобных работ желательно применение ртутных замыкателей специальной конструкции или каких-либо других стабильных и бездребезговых выключателей. В Лаборатории для этой цели применяется электронная приставка, принципиальная схема которой приведена на рис. 3. Лампы-ключи L_1 и L_2 в этой схеме работают следующим образом. Когда переключатель Π_1 стоит в нижнем положении,

лампа L_1 заперта (на сетке -150в). При переводе переключателя в верхнее положение конденсатор C начинает разряжаться, лампа открывается и ток, проходящий через нее, возрастает плавно по экспоненте до

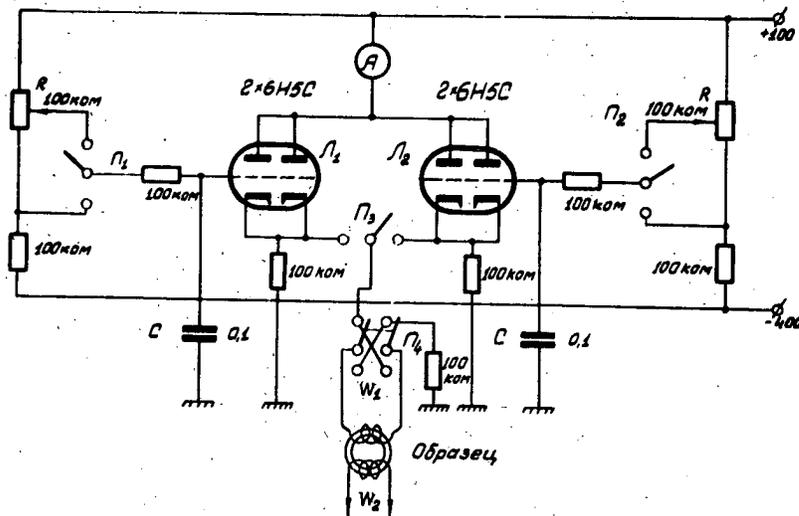


Рис. 3

значения, определяемого конечным значением напряжения на сетке лампы, т.е. зависящим от положения движка потенциометра R . Амперметр показывает установившееся значение тока через лампу. Нужная лампа открывается с помощью переключателей Π_1 или Π_2 только после того, как цепь обмотки w_1 подготовлена (переключатели Π_3 и Π_4 установлены в нужное положение). Постоянная времени цепочки разряда конденсатора выбрана такой, чтобы она была значительно больше времени дребезга контактов переключателя Π_1 , но, с другой стороны, значительно меньше постоянной времени подвижной системы гальванометра.

2. ОСЦИЛЛОГРАФИРОВАНИЕ ПЕТЛИ ГИСТЕРЕЗИСА

Непосредственное наблюдение петли гистерезиса на экране осциллографа удобно для быстрой качественной оценки свойств магнитного сердечника. Осциллографический метод не является достаточно точным и поэтому не может заменить измерений с помощью баллистического гальванометра,

однако как вспомогательный он допустим и довольно широко применяется. С помощью осциллографа можно наблюдать предельную петлю гистерезиса и различные частные циклы, проводить сравнение магнитных свойств сердечников различных марок и осуществлять грубый контроль однородности сердечников путем сравнения их с эталонным.

На рис. 4 приведена упрощенная принципиальная схема установки для наблюдения петли гистерезиса на экране осциллографа.

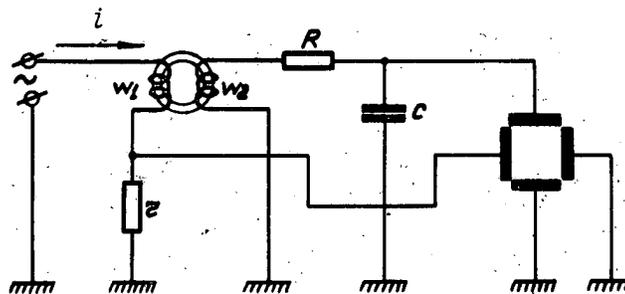


Рис. 4

В первичной обмотке образца w_1 протекает синусоидальный ток. Падающее напряжение на активном сопротивлении r , пропорциональное этому току, подается на горизонтально-отклоняющие пластины осциллографа как напряжение, пропорциональное напряженности поля H . Наводимая во вторичной обмотке образца э.д.с. интегрируется на RC -цепочке и подается на вертикально-отклоняющие пластины в качестве напряжения, пропорционального индукции B . Наблюдаемая при этом на экране осциллографа фигура Лиссажу и есть петля гистерезиса.

Затруднения, возникающие при осциллографировании петель, связаны с рядом причин, из которых важнейшими являются следующие:

1. Трудности, связанные с получением неискаженного синусоидального тока амплитудой порядка сотен миллиампер — единиц ампер. Величину тока желательно иметь достаточной для того, чтобы при небольшом w_1 иметь значительные напряженности поля (порядка нескольких эрстед). Наиболее удобна одновитковая обмотка w_1 . Указанные трудности часто вынуждают пользоваться мощными, но низкочастотными источниками — промышленной

сеть переменного тока 50 гц или мотор-генераторами повышенной частоты 200, 400 и 500 гц.

2. Величина э.д.с. на обмотке w_2 зависит от частоты питающего тока и, в частности, на указанных частотах весьма мала. С другой стороны, для неискаженной передачи формы петли гистерезиса необходимо, чтобы постоянная времени интегрирующей цепочки RC была намного больше периода следования импульсов э.д.с. Считают, что постоянная времени

$$\tau = RC \geq 10T, \quad (9)$$

где T - период следования импульсов э.д.с.

Если это условие выполнено, то, естественно, амплитуда сигнала, снимаемого с выхода интегрирующего звена, ничтожно мала по сравнению с амплитудой сигнала, поступившего на вход RC -цепочки. Все это вынуждает

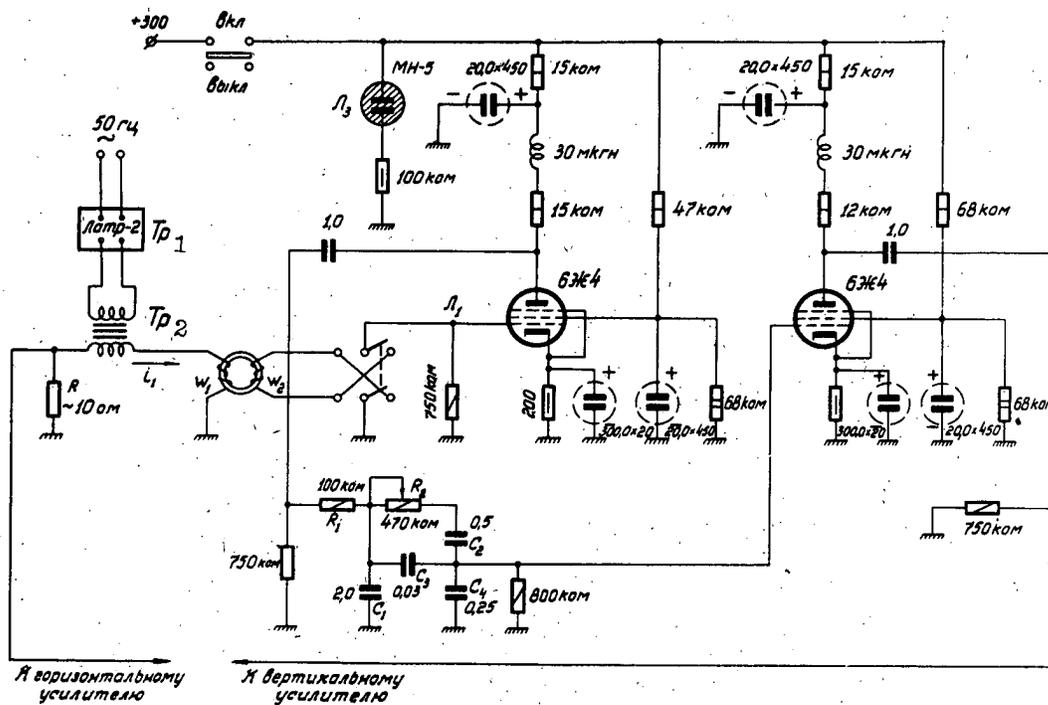


Рис. 5

вводить между RC -цепочкой и пластинами осциллографа усилитель с большим коэффициентом усиления.

3. Поскольку цепи горизонтального и вертикального отклонения имеют почти всегда разные постоянные времени, необходима фазовая коррекция,

компенсирующая задержку в передаче сигнала по одной из цепей. Введение же устройства, с помощью которого можно регулировать фазовые соотношения, вносит субъективный момент в измерение и может явиться источником дополнительных погрешностей.

С учетом сказанного в Лаборатории принята схема приставки к осциллографу, позволяющая наблюдать петлю гистерезиса на частоте 50 Гц, которая для большинства материалов, применяемых в Институте, практически совпадает с петлей гистерезиса, снятой на постоянном токе с помощью баллистического гальванометра. Это позволяет пользоваться точными эталонными характеристиками, полученными на постоянном токе, и, следовательно, несколько расширяет возможности осциллографической приставки. Полная схема приставки приведена на рис. 5; на рис. 6 показаны образцы получаемых с ее помощью осциллограмм петли гистерезиса.

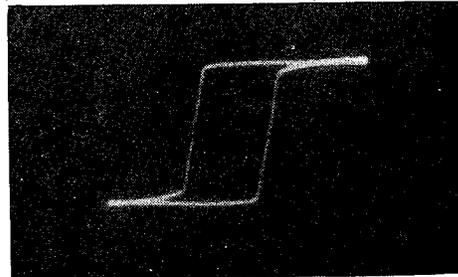
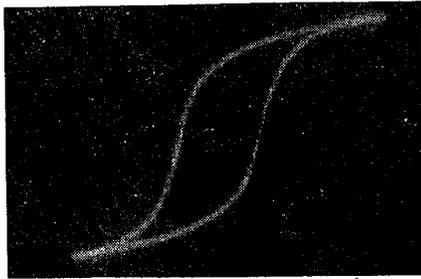


Рис. 6. Осциллограммы петель гистерезиса: а - лента из сплава 38Ni, б - феррит VT-1 (тороидальные образцы)

Чувствительность установки с осциллографом типа ЭО-7 составляет примерно 0,03 мкс/мм. *

3. ИМПУЛЬСНЫЕ ИСПЫТАНИЯ СЕРДЕЧНИКОВ ДЛЯ ПЕРЕКЛЮЧАЮЩИХ СХЕМ

(СТЕНД "П")

В ряде схем, носящих общее название переключающих, магнитный сердечник перемагничивается по полному циклу, работая в режиме ключа. К та-

* Чувствительность отнесена к одному витку вторичной обмотки образца.

ким схемам можно отнести магнитные регистры сдвига, дешифраторы, переключатели, большинство логических устройств и т.п.

Наиболее важными характеристиками сердечника, работающего в подобных схемах, являются зависимость величины выходного сигнала от напряженности поля в импульсе, отношение полезного сигнала к помехе и абсолютные значения величин этих сигналов. Названные характеристики снимаются на стенде, описанном ниже.

Одним из важнейших показателей качества сердечника, работающего в переключающей схеме, является отношение полезного сигнала к помехе. Очень часто на практике эту характеристику подменяют статическим коэффициентом прямоугольности материала B_r/B_s , который вычисляют, пользуясь данными, полученными либо в результате снятия статических петель гистерезиса, либо осциллографирования петли гистерезиса на переменном токе.

Такой метод годится только для очень грубого, качественного, сравнения различных сердечников и не может быть рекомендован по следующим причинам.

Величина э.д.с., наводимой на выходной обмотке сердечника, как это указывалось выше, зависит от скорости изменения потокосцепления. Эта последняя зависит, в свою очередь, от времени нарастания импульса тока - времени переднего фронта импульса и от напряженности поля, т.е. от амплитуды импульсов тока.

Сигнал помехи обусловлен сравнительно небольшими изменениями потокосцепления, связанными с небольшими же изменениями индукции (или потока) в интервале между остаточным и максимальным значением этих параметров. На петле гистерезиса величина этих изменений характеризуется пологим участком кривой. Физически этот участок обусловлен упругим поворотом доменов или так называемым процессом вращения. Постоянная времени этих процессов в несколько раз меньше, чем постоянная времени

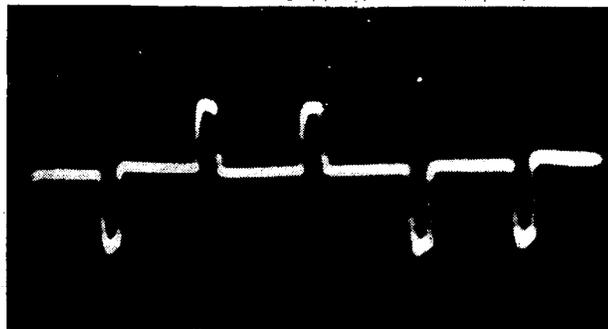
процессов, связанных с так называемым смещением стенок или "движением границ", которые имеют место при переманчивании сердечника.

Таким образом, если крутизна фронта импульса тока достаточно велика, практически - если время нарастания тока в несколько раз меньше, чем время переманчивания сердечника при данной напряженности поля, то будут обеспечены условия для протекания процессов вращения со скоростью также в несколько раз большей, чем скорость процессов смещения. Это приведет к тому, что сигнал помехи будет большим, чем это следует из статической характеристики, а отношение полезного сигнала к сигналу помехи ухудшится. На практике же мы всегда почти имеем дело с импульсами тока, длительность которых примерно равна или несколько больше времени переманчивания сердечника, а длительность фронта составляет небольшую долю от общей продолжительности импульса. Поэтому для оценки качества сердечника, предназначенного для работы в переключающей схеме, необходимо пользоваться импульсной характеристикой - коэффициентом прямоугольности K_{Π} , отражающим отношение полезного сигнала к сигналу помехи. Коэффициент прямоугольности может быть подсчитан по напряжению, когда он равен отношению амплитуд импульсов э.д.с., по току, когда он равен отношению амплитуд импульсов тока, возникающих в нагруженной реальной нагрузкой выходной обмотке сердечника, или по потоку, когда он отражает отношение площадей, ограниченных импульсами э.д.с.

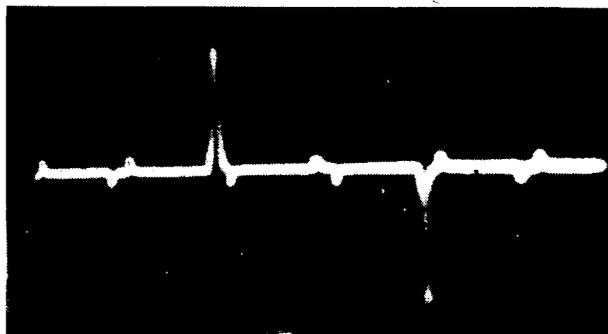
Все названные выше измерения - определение величин полезного и паразитного сигналов, их зависимости от напряженности поля, а также коэффициента прямоугольности K_{Π} производятся на стенде, обеспечивающем работу сердечника в импульсном режиме, схожим с рабочим.

На рис. 7 приведена блок-схема стенда, применяемого в Лаборатории для этой цели. Стенд построен в основном на стандартных блоках Института, схемы которых известны и поэтому не приводятся. Схема нестандартного элемента дана также на рис. 7. В иных условиях стенд может быть выполнен и иначе - с применением более простых элементов и не на блочном принципе.

Одновременно импульсы блокинг-генератора через вентили совпадения B_3 и B_4 запускают блоки $ГТ_1$ и $ГТ_2$, формирующие прямоугольные импульсы тока. Оба блока нагружены на парафазный понижающий трансформатор с секционированной вторичной обмоткой. С помощью переключателя $П_2$ осуществляется ступенчатое регулирование коэффициента трансформации, т.е. величины тока во вторичной обмотке трансформатора, когда она замкнута.



а



б

Рис. 8. Осциллограммы стенда "П": а - действующие токи,
б - наводимые э.д.с.

Сердечник C для измерения помещается на проводящее основание O с дисковым контактом D , изолированным от основания кольцеобразной непроводящей прокладкой $И$. Цепь тока во вторичной обмотке трансформатора замыкается вилкой $в$. При этом образуется один виток, проходящий через

сердечник, по которому протекают импульсы тока и на котором наводится измеряемая э.д.с. Сигналы наблюдаются на осциллооскопе 25-И или любом другом, обеспечивающем достаточное усиление, полосу пропускания и имею-
шем ждущую развертку. Вентили B_1 и B_2 в схеме стенда не обязательны и используются лишь как импульсные усилители для более надежного запуска триггеров T_1 и T_2 . На рис.8 приведены типичные осциллограммы работы стенда.

4. ИМПУЛЬСНЫЕ ИСПЫТАНИЯ СЕРДЕЧНИКОВ ДЛЯ СХЕМ СОВПАДЕНИЯ (СТЕНД "С")

В магнитных статических запоминающих устройствах используется очень большое количество сердечников. Сердечник, используемый в качестве элемента запоминания, работает в таком устройстве иначе, чем в переключающих схемах. Во всех известных схемах запоминающих устройств каждый запоминающий сердечник вместе с обмотками образует простую схему совпадения и, хотя режимы работы такой схемы в различных запоминающих устройствах различны, общим для всех являются следующие требования к сердечнику:

1. Сердечник должен работать по определенному частному симметричному или несимметричному циклу.
2. На сердечник может неопределенно долго воздействовать паразитная намагничивающая сила. При этом сердечник не должен заметно изменять своего первоначального магнитного состояния, что необходимо для надежного хранения информации в устройстве и уверенного распознавания считываемых сигналов на фоне помех.
3. Величина рабочей намагничивающей силы, обеспечивающей перевод сердечника из одного магнитного состояния в другое, не может быть сделана во много раз больше величины паразитной намагничивающей силы.
4. Характеристики всех сердечников устройства должны обладать высокой степенью однородности.

Из сказанного выше следует, что в отличие от сердечников для переключающих схем, качество которых в основном определяется коэффициентом прямоугольности $K_{П}$, основным параметром сердечников для запоминающих устройств является коэффициент квадратности $K_{К}$, показывающий отношение полезного сигнала, полученного в результате считывания "1", к сигналу помехи, полученному в результате считывания "0". Так же, как и коэффициент $K_{П}$, коэффициент $K_{К}$ может быть измерен по напряжению и по потоку. В обоих случаях целесообразно ориентироваться на оптимальное значение $K_{К}$, полученное как отношение разрушенных сигналов.

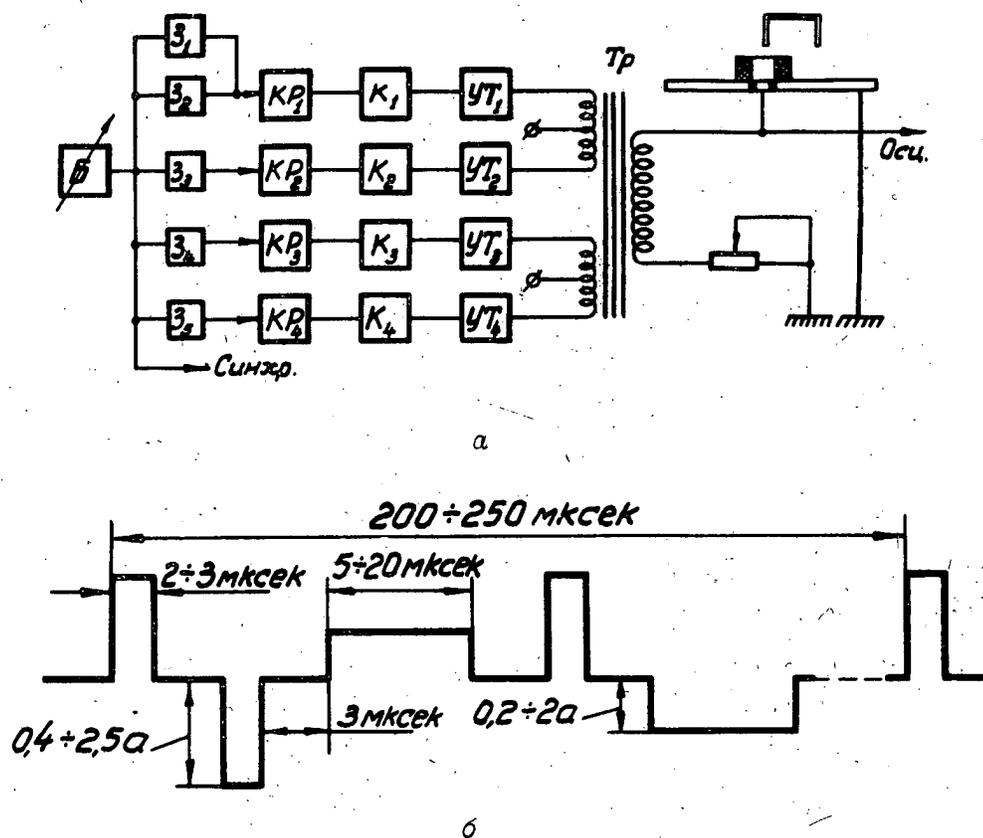


Рис. 9. Стенд "С": а - блок-схема, б - временная диаграмма.

Стенд для проверки сердечников запоминающих устройств позволяет наблюдать на экране осциллографа сигналы "разрушенных" и "чистых" "1" и "0" и, таким образом, проверять однородность сердечников по $K_{К}$, величине полезного сигнала и величине помехи. Блок-схема стенда приведена

на рис.9. Задающий олокинг-генератор Б вырабатывает импульсы, следующие с частотой порядка $4\div 6\text{кГц}$. После прохождения через блоки задержек $З_1 - З_5$, выполненные в виде кипп-реле, каждый импульс генератора пре-

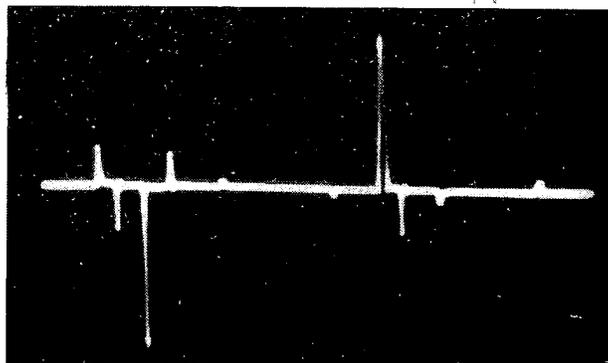
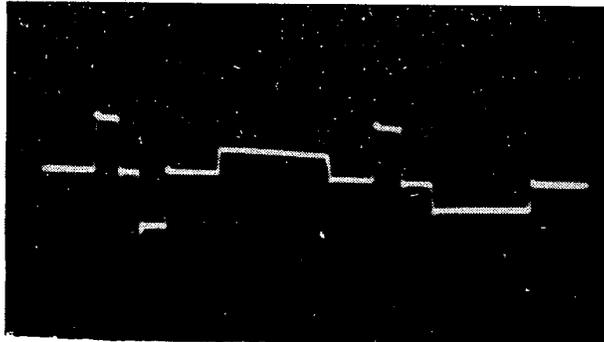


Рис. 11. Осциллограммы стенда "С": а - действующие токи, б - наводимая э.д.с.

вращается во временную последовательность импульсов, каждый из которых запускает одно из четырех кипп-реле $КР_1 - КР_4$, формирующих прямоугольные импульсы напряжения длительностью от 2 до 20 мксек. Эти импульсы через катодные повторители запускают усилители тока $УТ_1 - УТ_4$, работающие на общий выходной трансформатор $Тр$, вторичная обмотка которого соединена с измерительным столиком, совершенно аналогичным описанному в предыдущем разделе. Таким образом, стенд вырабатывает пачки импульсов тока, следующих друг за другом с большой скважностью. Это дало возмож-

ность построить стенд на маломощных лампах пальчиковой серии. Следует отметить, что частотные свойства исследуемого сердечника, за исключением нагрева от потерь, проверяются на стенде столь же полно, как если бы сердечник исследовался на стенде с непрерывной программой следования импульсов. Однако такой стенд потребовал бы значительно более мощных ламп, что невыгодно.

На рис.10 приведена полная принципиальная схема стенда, на рис.11 типичные осциллограммы. Схема стенда позволяет изменять программу импульсов тока. Для этой цели предусмотрена возможность регулировки амплитуды и длительности каждого импульса в широких пределах.

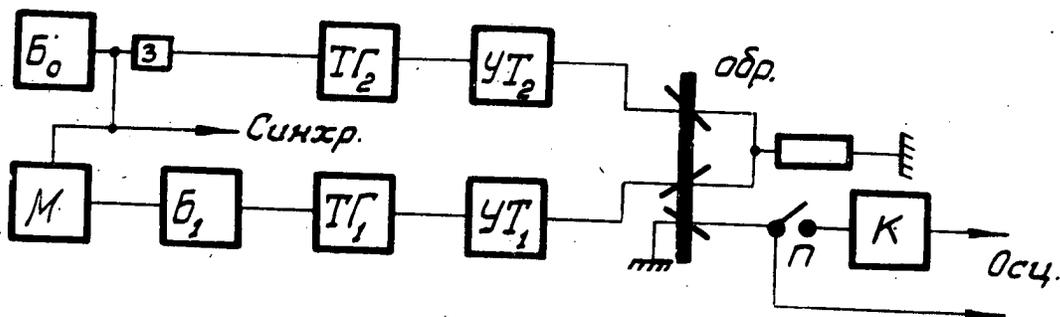
5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ ПЕРЕМАГНИЧИВАНИЯ СЕРДЕЧНИКОВ (СТЕНД "Т")

В процессе разработки новых материалов и при физических исследованиях сердечников измерение времени перемагничивания и исследование зависимости последнего от напряженности поля представляет значительный интерес. Кроме того, знание временных зависимостей магнитных сердечников необходимо при конструировании различных схем.

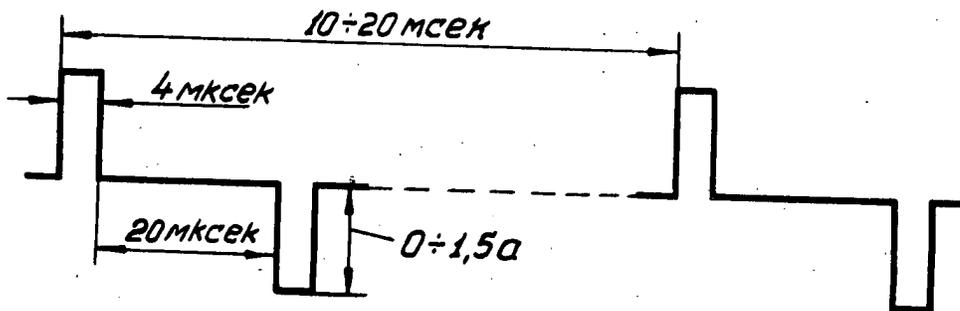
Характеристику $\tau = f(H)$ можно снять на стенде "С" или на стенде "П", однако в обоих случаях полученные данные будут верны лишь в довольно ограниченном диапазоне изменения напряженности поля. Стенд, специально приспособленный для снятия характеристики $\tau = f(H)$, должен обеспечивать периодическое воздействие на сердечник двух импульсов тока, действующих навстречу друг другу. Амплитуды этих импульсов должны меняться независимо друг от друга в широких пределах. Длительность импульса должна быть не меньше, чем время, необходимое для перемагничивания сердечника в поле, создающем напряженность порядка коэрцитивной силы материала, а время нарастания импульса - много меньше времени перемагничивания сердечника в максимальном поле.

На рис.12 приведена блок-схема стенда, применяемого в Лаборатории для снятия временных характеристик. Каждый из двух генераторов импуль-

сов тока этого стенда состоит из тиратронного генератора прямоугольных импульсов ТГ и усилителя тока УТ на двух пентодах. Стенд вырабатывает два прямоугольных импульса тока длительностью 4 мксек с временем переднего фронта не более 0,02 мксек. Амплитуда каждого из импульсов может независимо изменяться в пределах от 0 до 1,5 а. Блокинг-генератор B_0 используется в качестве задающего и запускает один тиратронный генератор непосредственно, а другой - через задержку М.



а



б

Рис. 12. Стенд "Т": а - блок-схема, б - временная диаграмма

Сигнал со считывающей обмотки исследуемого сердечника подается на вход осциллографа либо прямо, либо через катодный повторитель К.

Частота работы задающего генератора выбрана небольшой, порядка 50 - 100 гц. Стенд работает в комплекте с осциллографом ИО-4, что позволяет при времени перемагничивания $0,5 \div 1$ мксек пользоваться усилителем осциллографа, а также применять подсвет луча. В случае использования осциллографа другого типа, необходимо позаботиться о широкополосном усилителе и обеспечении подсветки.

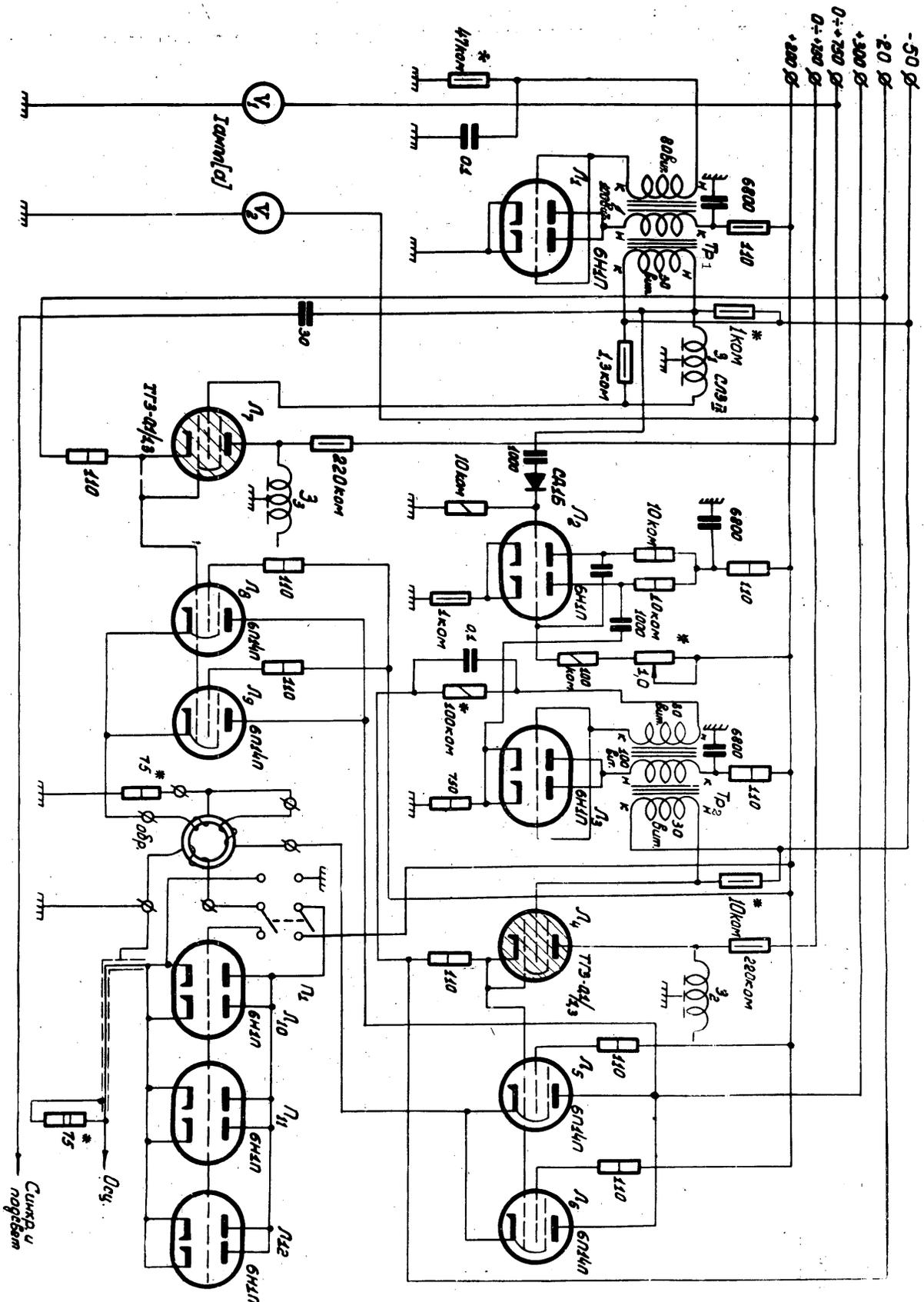
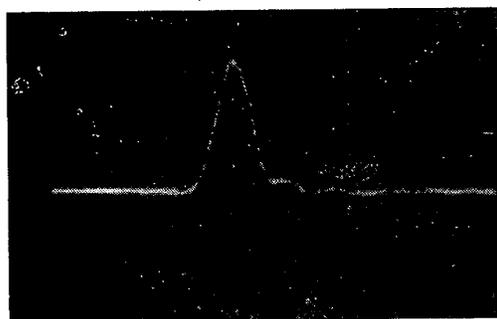
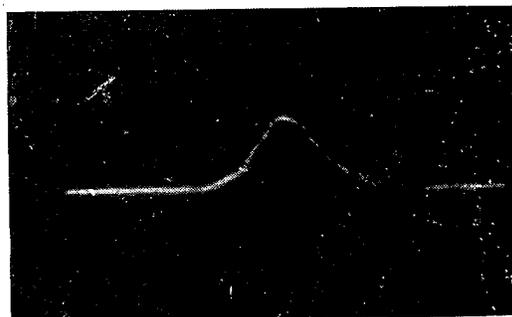


Рис. 13. Принципиальная схема стенода "Г". Сердечники ТР1 и ТР2 - лентка ЗСНС 20 мк, 5мк, 100 витков, средний диаметр 12мм.

На рис.13 приведена полная принципиальная схема стенда. Величины, отмеченные на схеме знаком (*), могут изменяться в процессе наладки. Схема работает следующим образом. Задающий блокинг-генератор, собранный на лампе L_1 , вырабатывает запускающие импульсы с частотой порядка 50-100гц (частота может изменяться в этих пределах за счет изменения величины сопротивления 47ком, отмеченного звездочкой). От этих импульсов запускается мультивибратор, собранный на лампе L_2 , и ждущая развертка осциллографа. Те же импульсы через задержку Z_1 , равную 0,3мксек, запускают генератор тока на лампах L_7 , L_8 и L_9 . Генератор тока работает следующим образом: к моменту прихода запускающего импульса напряжение на аноде тиратрона (L_7) равно напряжению питания, устанавливаемому с помощью делителя в пределах от 0 до 750в. Положительный импульс поджигает тиратрон и искусственная длинная линия, подключенная к его аноду, разряжается через тиратрон за время, равное 4мксек.



а



б

Рис. 14. Осциллограммы стенда "Г": а, б - вид импульсов э.д.с. при различных величинах перемгнивающего тока

Прямоугольный импульс напряжения с катода тиратрона подается на сетки двух пентодов L_8 и L_9 , соединенных параллельно. Одна из первичных обмоток испытуемого сердечника включается последовательно с балластным сопротивлением в рассечку катодной цепи пентодов. Мультивибратор L_2 вырабатывает прямоугольный импульс напряжения длительностью порядка 20мксек. Этот импульс дифференцируется и подается на запуск бло-

кинг генератора на лампе L_3 .

Запуск происходит от положительного импульса, соответствующего заднему фронту импульса мультивибратора, чем достигается необходимый сдвиг во времени между импульсами от первого и второго блокинг-генераторов. Работа второго генератора тока (L_4 , L_5 и L_6) совершенно аналогична работе первого. Входная обмотка исследуемого сердечника включается в катодную цепь L_5 и L_6 встречно по отношению к первой входной обмотке.

Пользоваться катодным повторителем (L_{10} , L_{11} , L_{12}) не обязательно, однако если нет возможности расположить осциллограф близко к стенду, то катодный повторитель необходим. Предпочтительнее работа без катодного повторителя с очень короткими соединительными проводами между выходной обмоткой сердечника и пластинами трубки (или широкополосным усилителем).

В качестве длинных линий в стенде применяются 2 отрезка провода марки ТРВК 2 x 0,5 длиной 300м каждый, однако работа стенда, как было установлено, возможна и с другими типами длинных линий, например с отрезками коаксиального кабеля марки РК-50 или искусственными линиями, имеющими следующие параметры: число ячеек на 1мксек - 40, $L_0 = 0,5 \text{ мкн}$, $C_0 = 100 \text{ пф}$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вопросы измерений параметров магнитных сердечников весьма сложны и многообразны. Описанные выше аппаратура и методика измерений, безусловно, не могут решить всех проблем, возникающих при исследовании магнитных элементов. Так, например, здесь не были затронуты вопросы измерений проницаемости, потерь в сердечниках, температурных их свойств, автоматизации измерений и некоторые другие.

Описанную аппаратуру надо рассматривать как необходимый минимум,

позволяющий с достаточной для инженерной практики точностью определять ряд важных свойств сердечников, имеющих специфическое значение при конструировании схем быстродействующей вычислительной техники.

ЛИТЕРАТУРА

1. К.А. Круг, Основы электротехники, Госэнергоиздат, М.Л., 1946 г.
2. И.И. Кифер и В.С. Пантюшин, Испытания ферромагнитных материалов, Госэнергоиздат М.Л., 1955 г.
3. В.А. Зимин, Быстродействующая электронная счетная машина Академии наук СССР, Часть У, Изд-во Академии наук СССР, 1954 г.
4. В.В. Бардиж, Характеристики ферритовых сердечников с прямоугольной петлей гистерезиса, Институт точной механики и вычислительной техники АН СССР, Москва, 1957 г.

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
Введение	3
1. Статические измерения	4
2. Осциллографирование петли гистерезиса	8
3. Импульсные испытания сердечников для переключающих схем (стенд "П")	11
4. Импульсные испытания сердечников для схем совпадения (стенд "С")	15
5. Определение времени перемагничивания сердечников (стенд "П")	18
Заключение	22

Поступило 15/VI - 1957 г.

Зак. 45

Тип. 500

ИТМ и ВТ АН СССР. Москва, Калужское шоссе, 71, а